Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 459-475

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۴۷۵-۴۵۹

اثر محلول‌پاشی با دود-آب و سطوح نیتروژن بر ویژگی‌های بوم‌شناختی فیزیولوژیک گندم (*Triticum* aestivum L.)

فریده نوروزی شهری[1]- بابک غلامی[2]- سعید جلالی هنرمند[3]*- فرزاد مندنی[4]- محسن سعیدی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۴

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد کود نیتروژن و محلول‌پاشی برگی دود-آب بر قابلیت جذب و کارایی مصرف تشعشع و برخی خصوصیات کانوپی گندم، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف کاربرد نیتروژن (۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار) به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی برگی با عصاره دود-آب (در پنج سطح شامل شاهد و غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ درصد) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. صفات مورد ارزیابی شامل، شاخص سطح برگ، روند جذب تشعشع، وزن خشک کل، کارایی مصرف تشعشع، عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم بود. نتایج نشان داد که در تمامی سطوح نیتروژن، محلول‌پاشی با دود-آب نسبت به شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) موجب بهبود ویژگی‌های اندازه‌گیری شده گندم گردید. افزایش فراهمی نیتروژن و غلظت‌های بالای دود-آب با بهبود شاخص سطح برگ، جذب نور، کارایی مصرف نور و عملکرد وزن خشک کل موجب افزایش عملکرد دانه گندم شد، به‌طوری‌که بیشترین کارایی مصرف تشعشع (۱/۶۵ گرم بر مگاژول) در شرایط کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و محلول‌پاشی با غلظت یک درصد دود-آب مشاهده گردید. همچنین بیشترین مقدار عملکرد دانه (۹۲۲ گرم در متر مربع) در شرایط کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار و غلظت یک درصد دود-آب و کمترین مقدار آن (۳۳۹ گرم در متر مربع) در شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و محلول‌پاشی با آب مقطر به‌دست آمد. محلول‌پاشی با غلظت یک درصد دود- آب موجب افزایش ۱۰/۶ درصد عملکرد دانه در شرایط مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن نسبت به تیمار شاهد شد. به‌طور کلی نتایج نشان داد محلول‌پاشی با دود-آب مقداری از نیاز گندم به عنصر نیتروژن را تأمین کرد.

واژه‌های کلیدی: اوره، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه گندم، عملکرد وزن خشک کل، کارایی مصرف تشعشع

مقدمه

دود به‌عنوان یک تکنولوژی قدیمی در کنترل آفات و بیماری‌ها همواره مورد توجه بوده است (Kulkarni *et al.*, 2011). پاسخ گیاهان به دود اغلب با استفاده از دود-آب[5] قابل مطالعه است. دود از گستره متنوعی از منابع زیستی گیاهی، شامل چوب، شاخه‌ها، برگ‌ها، کلش، مخلوطی از گیاهان خشک و تازه و چوب نیمه‌سوخته حاصل می‌شود (Lloyd *et al.*, 2000). دود-آب محلولی اسیدی و حاوی ترکیبات متنوعی از جمله ترکیبات فنولیک، قندهای محلول، الکل‌ها، لاکتون‌ها، آلدهیدها، کتون‌ها و آلکالوئیدها است (Chumpookam *et al.*, 2012). همچنین حاوی مقادیر قابل توجهی از مواد غذایی همانند آمونیوم است، که می‌تواند به‌عنوان یک منبع مهم از نیتروژن برای رشد گیاه، بهبود کیفیت سطح برگ و افزایش تولید میوه و دانه محسوب شود (Chumpookam *et al.*, 2012). علاوه بر این، یک ترکیب بوتنولیدی پایدار و فعال به نام 3-methyl-2H-furo[2,3]pyran-2-one در دود توسط فلماتی و همکاران (Flemati *at al.*, 2004) و ون استادن و همکاران (Van Staden *et al.*, 2004) شناسایی شده است که امروزه به آن کاریکینولید (KAR_1) گفته می‌شود. کاریکینولید در غلظت‌های خیلی پایین (10^{-9} مولار) فعالیت‌های مرتبط با جوانه‌زنی و رشد گیاه را

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۳- دانشیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۴- استادیار اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: sjhonarmand@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v16i2.66520
5- Smoke-water

تحریک می‌کند (Light *et al*., 2009). به‌طوری‌که اسلام و همکاران (Aslam *et al*., 2015) گزارش کردند که کاربرد غلظت‌های ۱:۱۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰۰ دود-آب به‌طور معنی‌داری منجر به بهبود جوانه‌زنی، طول گیاهچه و زیست‌توده گیاهچه گندم (*Triticum aestivum* L.) نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین کاریکینولید (با غلظت $۱۰^{-۸}$ مولار) طول ریشه، بیوماس گیاهچه و تعداد ریشه جانبی برنج (*Oryza sativa* L.) را به شدت افزایش داد (Kulkarni *et al*., 2006).

گندم به‌عنوان یک محصول استراتژیک دارای اهمیت ویژه‌ای در زندگی انسان‌هاست. به‌طوری‌که در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در ایران حدود ۵۹۲۸۷۲۸ هکتار زیر کشت گندم بوده که میزان تولید آن حدود ۱۴۵۹۲۰۰۳ تن بوده است (آمارنامه کشاورزی، ۹۵-۱۳۹۴). پروتئین دانه گندم به دلیل حجم بالای مصرف، بخش عمده‌ای از نیاز غذایی انسان را تأمین می‌کند (Lemone, 2007). کیفیت دانه گندم تحت تأثیر مدیریت‌های زراعی نظیر میزان، زمان و چگونگی مصرف نیتروژن، نوع ژنوتیپ و شرایط محیطی در مراحل قبل و پس از گرده‌افشانی و همچنین برهمکنش عوامل محیطی و نوع ژنوتیپ قرار دارد (Satorre and Slafer, 1999).

نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی پر مصرف است که در ساختمان مولکول‌های پروتئینی گوناگون، آنزیم‌ها، کوآنزیم‌ها، اسیدهای نوکلئیک و سیتوکروم‌ها نقش دارد (Hassegawa *et al*., 2008). نیتروژن از طریق تأثیر بر تعداد پنجه‌ها، سنبله‌ها، دانه‌های تشکیل شده و وزن هزاردانه بر تمام اجزای عملکرد دانه گندم تأثیر می‌گذارد (Lawlar, 1995). تعداد پنجه‌ها به‌طور عمده در اوایل رشد تعیین می‌شود و تعداد دانه و پتانسیل اندازه دانه پس از تعداد سنبله به‌وسیله میزان دسترسی به آسیمیلات‌های کربنی و نیتروژنی تعیین می‌شود که تا حد زیادی بر اندازه نهایی دانه اثر می‌گذارند. بنابراین تأمین نیتروژن در زمان‌های مختلف رشد و مطابق با نیاز گیاه می‌تواند بر افزایش جذب آن و سرعت رشد گیاه زراعی و تولید عملکرد مؤثر باشد (Gastal and Lemaire, 2002). کاربرد نیتروژن در اوایل یا در طی مرحله پنجه‌زنی باعث تحریک پنجه‌زنی می‌شود، در حالی‌که مصرف نیتروژن در هنگام شروع ساقه رفتن باعث افزایش سطح برگ و ظرفیت فتوسنتزی می‌شود، که افزایش سطح فتوسنتز در اثر مصرف نیتروژن در مراحل اولیه رشد از عوامل مؤثر افزایش عملکرد به شمار می‌رود (Mosseddeq and Smith, 1994). پاتریک و اسمیت (Patric and Smith, 1993) گزارش کردند که تقسیط کود نیتروژن، کارایی انتقال مجدد آن را افزایش داد، زیرا بخش زیادی از انتقال مجدد نیتروژن به دانه‌ها ناشی از مصرف به موقع نیتروژن بود. از طرفی نیتروژن می‌تواند از طریق آبشویی به شکل نیترات، دنیتریفیکاسیون و فرار آمونیاک به شکل گاز از سیستم خاک-گیاه به آب و اتمسفر وارد شود و آلودگی‌های زیست‌محیطی ایجاد نماید (Pathak *et al*., 2006). بنابراین هر عامل ارگانیکی که بتواند جایگزین یا مکمل مصرف کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن شود، به طوری‌که حداقل کاهش در میزان عملکرد اقتصادی محصول رخ دهد، می‌تواند یک راهکار در راستای کشاورزی پایدار و بهبود سلامت محصول باشد.

مکانیسم عمل دود-آب و کاریکینولید هنوز ناشناخته است ولی مشاهده شده است که این ترکیبات دارای فعالیت شبه‌سایتوکینینی و شبه‌اکسینی می‌باشند (Jain *et al*., 2008). لذا کاربرد آن می‌تواند اثرات ماندگاری هم از بعد کمی و هم از بعد کیفی روی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و منابع درونی فیتوهورمون‌ها داشته باشد (Aremu *et al*., 2015). علاوه بر این دود-آب می‌تواند به‌عنوان یک ترکیب طبیعی و کم هزینه جایگزین بخشی از نیاز محصولات به کودهای شیمیایی در زراعت و باغبانی شود (Light *et al*., 2009). که در نهایت افزایش تولید محصولات کشاورزی را به دنبال خواهد داشت. این مهم از اهداف اصلی کشاورزی پایدار محسوب می‌گردد. علاوه بر این از آن جا که ایران در منطقه حادثه‌خیز خاورمیانه واقع شده است، خودکفایی در تولید اجزای اصلی سبد مصرفی خانوارها می‌تواند به حفظ استقلال و قدرت استراتژیک و همچنین رفاه و امنیت غذایی خانوارهای فقیر منجر گردد. با توجه به این امر حفظ و تداوم خودکفایی در تولید این محصول هم از دیدگاه پایداری منابع و هم از دیدگاه سیاست‌گزاران دارای اهمیت ویژه‌ای است و لزوم انجام مطالعه در این زمینه را هرچه بیشتر مشهود می‌سازد. بنابراین، با توجه به موارد مذکور این پژوهش با هدف بررسی نقش دود-آب ناشی از بقایای گیاهی بر برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های بوم‌شناختی فیزیولوژیک گندم در شرایط مصرف سطوح مختلف کود نیتروژن و همچنین جایگزینی بخشی از نیاز گیاه به کود نیتروژن توسط دود-آب اجرا شد.

مواد و روش‌ها

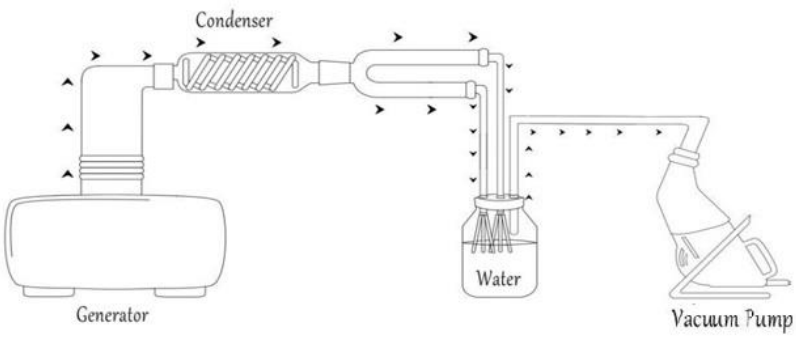
این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی (طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۹ متر) در سال زراعی ۱۳۹۵- ۱۳۹۴ اجرا شد. متوسط بارندگی بلند مدت سالانه ۴۳۷ میلی‌متر و میانگین دمای بلند مدت سالانه منطقه ۱۵/۳ درجه سانتی‌گراد است. آب و هوای منطقه بر طبق روش تقسیم‌بندی اقلیمی آمبرژه نیمه خشک سرد است. زمین محل آزمایش دارای خاکی با بافت لومی‌رسی بود که برخی از مشخصات فیزیکوشیمیایی آن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Physical and chemical characteristics of experiment location soil

بافت Texture	ماده آلی Organic matter (%)	Silt (%)	Sand (%)	Clay (%)	املاح محلول $c\times10^3$ (ds m^{-1})	K (ppm)	Available P (ppm)	Total N (%)	pH	عمق نمونه‌برداری Sampling depth (cm)
سیلتی- رسی Silt clay	1.27	43.9	10.7	45.4	0.66	282	20.6	0.15	7.31	0-30

آماده‌سازی مزرعه شامل شخم نیمه عمیق و سپس دیسک‌زنی و هموارسازی زمین بود که در ابتدای پاییز انجام گرفت. در این تحقیق مقدار کود مصرفی با توجه به نتایج آزمون خاک انجام گرفته، میزان کربن آلی و فسفر قابل جذب خاک به میزان ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار در نظر گرفته شد. تمامی کود فسفره، پتاسه و یک سوم از کود اوره زمان کشت به خاک محل آزمایش اضافه شد. یک سوم از کود اوره در مرحله ۲ تا ۴ برگی گیاه و مابقی آن در مراحل ابتدای ساقه رفتن مصرف شد. در این طرح کود مصرفی با توجه به نتایج آزمون خاک و میزان کربن آلی و فسفر قابل جذب خاک و همچنین استفاده از دستورالعمل کشت گندم آبی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (۱۳۹۱) در نظر گرفته شد. بذر گندم مورد استفاده رقم پیشتاز بود که با دست روی ردیف‌هایی به طول ۳ متر و فاصله بین ردیف ۲۵ سانتی‌متر و در عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متری خاک کشت گردید. تراکم نهایی مزرعه ۴۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. همچنین در تمام طول دوره رشد گیاه مزرعه پایش گردید تا در صورت نیاز کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌های احتمالی انجام گردد. آبیاری مزرعه نیز بر اساس نیاز و به روش کرتی صورت گرفت.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف کاربرد کود نیتروژن (۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی گندم که به‌ترتیب معادل ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار بود) به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی گیاه با عصاره دود-آب (در پنج سطح شامل شاهد و غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ درصد به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. همچنین جهت یکسان‌سازی شرایط محلول‌پاشی کرت‌های شاهد با آب مقطر آب‌پاشی شد. در هر ۲۵۰ میلی‌لیتر از محلول مورد استفاده که شامل آب مقطر واحدهای آزمایشی کنترل نیز می‌شد از یک قطره توئین ۲۰ به‌عنوان سورفاکتانت استفاده شد. در این آزمایش برای تهیه دود-آب بر مبنای روش ون استادن و همکاران (Van Staden *et al*., 2004) دستگاهی به‌صورت تغییر یافته طراحی شد (شکل ۱) و با استفاده از آن دود ناشی از سوختن حدود ۵ کیلوگرم از بقایای گیاهان مختلف شامل شاخ و برگ انجیر، کاه و کلش گندم و شقایق وحشی ابتدا از مخزنی حاوی یک لیتر آب مقطر تا زمان سوختن کامل ماده گیاهی عبور داده شد به‌طوری‌که دود در آب مقطر به‌صورت یک محلول زرد رنگ در آمد. این محلول به‌دست آمده پس از عبور از کاغذ صافی به‌عنوان محلول پایه در نظر گرفته شد و سپس با استفاده از آب مقطر در غلظت‌های مورد نظر رقیق شد و جهت اعمال تیمارها به‌کار برده شد (جدول ۲) (Van Staden *et al*., 2004).



شکل ۱- دیاگرام دستگاه تهیه دود-آب
Figure 1- Diagram of smoke-water supply device

جدول ۲- ویژگی‌های دود-آب (Chumpookam *et al.*, 2012)

Table 2- Characteristics of Smoke-water

Value مقدار	Characteristics ویژگی‌ها	مقدار Value (ppm)	ویژگی‌ها Characteristics	مقدار Value (ppm)	Characteristics ویژگی‌ها
4.6	pH	42.00	Sucrose ساکارز	110	Phosphorus فسفر
2.17 (ms cm^{-1})	هدایت الکتریکی Electrical conductivity	25.00	Fructose فروکتوز	200	Potassium پتاسیم
0.392	آمینواسیدهای آزاد کل Total free amino acids	71.00	Glucose گلوکز	2.4	Calcium کلسیم
1.98	کربوهیدرات‌های محلول کل Total soluble carbohydrates (%)	720	اسید تارتاریک Tartaric acid	0.53	Magnesium منیزیم
1.7	Ethylene اتیلن	2.96	Nitrate نیترات	0.03	Manganese منگنز
		309.85	Sulfate سولفات	0.52	Zinc روی
		6135	Ammonium آمونیوم	6.51	Boron بور
				85.25	Fluorine فلوئور
				12.17	Chlorine کلر
				1471	Total phenolic compounds ترکیب فنولی کل

محلول‌پاشی مزرعه نیز به‌صورت سه بار متوالی از قبل از گرده‌افشانی تا انتهای مرحله شیری دانه‌ها با استفاده از سمپاش دستی انجام شد. در هر مرحله نیز محلول‌پاشی در دو روز متوالی جهت اطمینان از جذب دود-آب انجام گرفت.

اندازه‌گیری‌ها شامل نمونه‌برداری تخریبی بود که از مرحله نموی ساقه رفتن تا رسیدگی فیزیولوژیک (بروز علائمی چون زردی عمومی کانوپی و رسیدن دانه‌ها به مرحله خمیری سخت) به‌صورت تصادفی و با رعایت اصول حاشیه جهت ثبت سطح برگ و وزن خشک، توسط کوادراتی به مساحت ۱۵۰۰ سانتی‌متر مربع صورت گرفت. به این صورت که پس از برداشت، ابتدا نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد و سپس به تفکیک اندام‌های گیاهی شامل برگ، ساقه و اندام‌های ذخیره‌ای اقدام گردید. به منظور اندازه‌گیری شاخص سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدلLA-3000) استفاده شد. برای تعیین وزن خشک کل نیز ابتدا نمونه‌ها به مدت زمان کافی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد آون قرار داده شدند و سپس توسط ترازو توزین گردیدند. برای تخمین مقادیر ماده خشک کل روزانه[1] (TDW) بر حسب گرم در متر مربع از برازش معادله ۱ استفاده شد (Nassiri-Mahallati *et al.*, 2015):

$$TDW = \frac{a}{(1+b\times e^{(-c\times x)})} \qquad \text{(معادله ۱)}$$

در اینجا، a، حداکثر ماده خشک کل، b، زمانی که منحنی وزن خشک کل وارد مرحله خطی رشد خود می‌شود، c، سرعت رشد نسبی و x، زمان بر حسب روز پس از کاشت است. به منظور محاسبه کارایی مصرف تشعشع (RUE[2]) ابتدا تعداد ساعات آفتابی برای عرض جغرافیایی کرمانشاه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی دریافت شد، سپس میزان تشعشع روزانه خورشیدی به روش گودریان ون لار (Goudriaanand Van Laar, 1993) محاسبه گردید. تشعشع جذب شده روزانه برای گندم (I_{abs}) بر حسب مگاژول در متر مربع بر اساس معادله ۲ محاسبه شد (Tsubo *et al.*, 2005).

$$I_{abs} = I_0 \times (1-\rho) \times \left(1 - e^{(-K \times LAI)}\right) \qquad \text{(معادله ۲)}$$

I_0، نور رسیده به بالای کانوپی (مگاژول در متر مربع)، ρ، ضریب انعکاس نور توسط کانوپی گندم که معادل ۰/۵ (Koocheki *et al.*, 2013)، K، ضریب خاموشی نور در کانوپی گندم که معادل ۰/۶۵ بود (Banayan, 2002) و LAI، شاخص سطح برگ روزانه که بر اساس معادله ۳ محاسبه گردید (Nassiri-Mahallati *et al.*, 2015):

$$LAI = a + b \times 4 \times \frac{\exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)}{\left(1+\exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)\right)^2} \qquad \text{(معادله ۳)}$$

a، عرض از مبدأ، b، حداکثر شاخص سطح برگ، c، زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، d، نقطه عطف منحنی است که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود و x، زمان بر حسب روز پس از کاشت است. در پایان تشعشع جذب شده در هر مرحله نیز از حاصل‌ضرب تشعشع ورودی شبیه‌سازی شده در درصد تشعشع جذب شده به‌دست آمد و مقدار تشعشع جذب شده کل به صورت تجمعی از طریق حاصل‌ضرب تشعشع ورودی شبیه‌سازی شده در انتگرال کسر تشعشع کل جذب شده نسبت به زمان محاسبه شد. در انتها کارایی مصرف تشعشع بر حسب گرم بر مگاژول، از طریق محاسبه شیب خط

1- Total Dry Weight

2- Radiation Use Efficiency

رگرسیون بین ماده خشک کل تجمعی (گرم بر متر مربع) و میزان تشعشع کل تجمعی (مگاژول بر متر مربع) برای هریک از تیمارها به‌طور جداگانه محاسبه شد.

برای ثبت عملکرد نهایی گندم در زمان رسیدگی فیزیولوژیک نیز یک متر مربع از هر کرت برداشت شد. پس از خشک شدن نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد آون به مدت زمان کافی دانه‌ها از کلش جدا گردید و سپس عملکرد وزن خشک کل، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون LSD در سطح پنج درصد صورت گرفت. همچنین برای برازش معادلات و رسم شکل‌ها به‌ترتیب از نرم‌افزارهای Slidwrite و اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

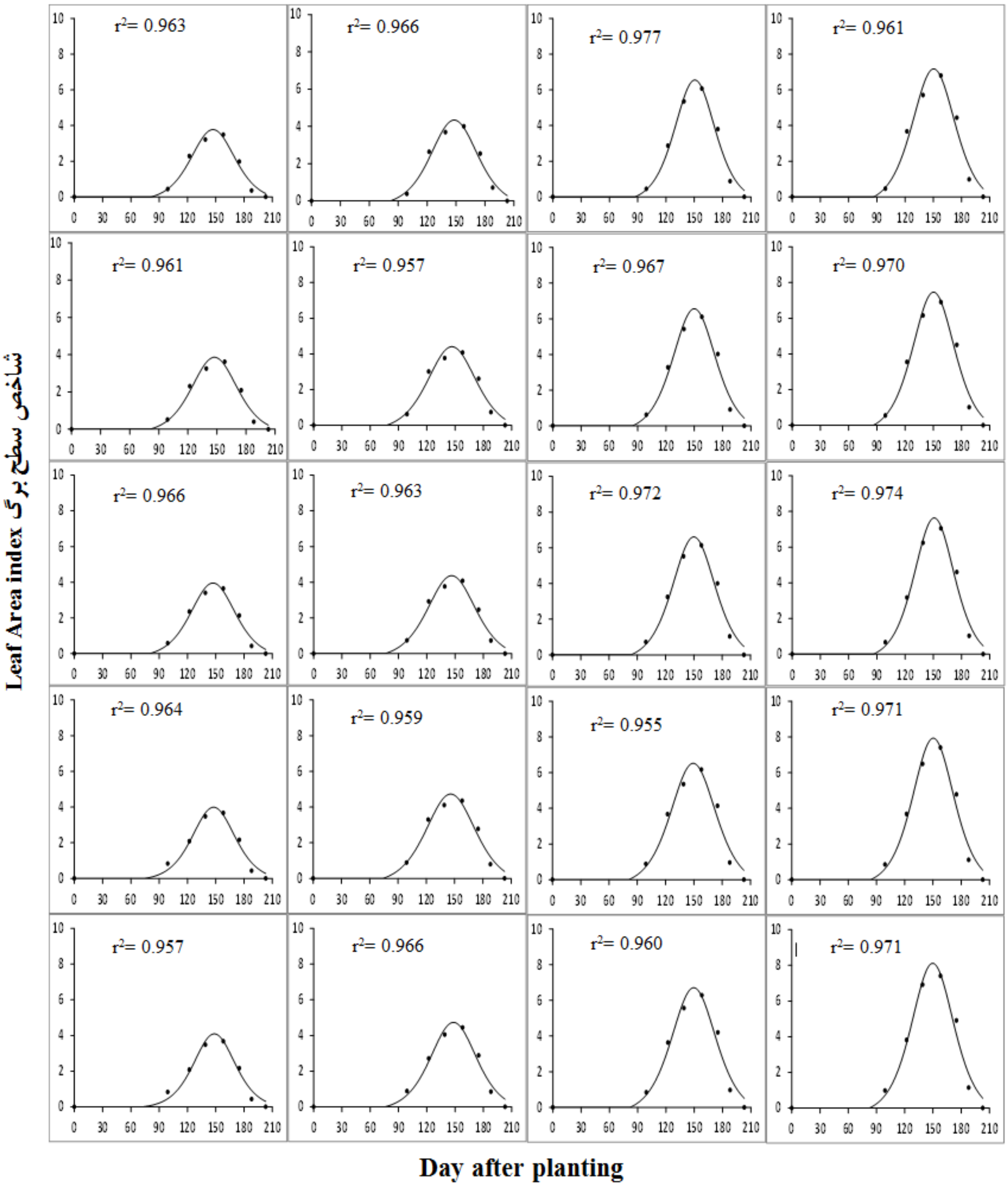
شاخص سطح برگ گندم صرف‌نظر از سطوح مختلف کود نیتروژن و دود-آب دارای روند مشابه‌ای بود (شکل ۲). در ابتدای فصل رشد روند افزایش شاخص سطح برگ به کندی طی شد و بعد از حدود ۱۰۵ روز پس از کشت وارد مرحله رشد خطی و در مرحله گلدهی به بیشترین مقدار خود رسید و پس از آن به دلیل پیری و ریزش برگ‌های پایین کانوپی در تمامی تیمارها روند نزولی شد (شکل ۲).

با افزایش سطح کود اوره دسترسی گیاهان به این عنصر ضروری بیشتر شده و به دلیل تحریک بیشتر رشد رویشی شاخص سطح برگ افزایش یافت. نتایج نشان داد که واحدهای آزمایشی که در مرحله ۲ تا ۴ برگی سطح بالاتری از کود اوره را دریافت نموده‌اند دارای شاخص سطح برگ بیشتر بوده و همچنین سریع‌تر از سایر تیمارها کانوپی خود را تکمیل کردند، لذا پس از طی فصل سرد که تشعشع خورشید رو به افزایش است سطح زمین را سریع‌تر پوشانیده و از اتلاف تشعشع فتوسنتزی جلوگیری می‌کنند. بیشترین شاخص سطح برگ حدود ۱۷۴ روز پس از کشت به‌دست آمد (شکل ۲). تا این زمان گیاهان سومین بخش کود اوره را دریافت کرده و یک نوبت نیز با سطوح مختلف دود-آب محلول‌پاشی شده بودند. در ۱۷۴ روز پس از کشت بیشترین شاخص سطح برگ (۷/۴) مربوط به تیمار ۳۶۰ کیلوگرم کود اوره و دود-آب با غلظت ۱ درصد و کمترین مقدار آن (۳/۴) مربوط به تیمار ۹۰ کیلوگرم کود اوره و محلول‌پاشی با آب بود (شکل ۲). نیتروژن شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ را افزایش می‌دهد و زردی و پیر شدن برگ‌ها را به تعویق می‌اندازد و همبستگی مثبتی بین میزان نیتروژن و شاخص سطح برگ وجود دارد (Karimian *et al.*, 2009). جاگارد و کلارک (Jaggard and Clark, 2000) با مطالعه روی گیاه چغندرقند اظهار داشتند که منحنی رشد برگ به صورت لگاریتمی است که در اواسط فصل رشد به حداکثر خود می‌رسد و سپس با از بین رفتن برگ‌های پیر کاهش می‌یابد. طریق الاسلامی و همکاران (Taregholeslami *et al.*, 2012) گزارش کردند که با افزایش سطح کود نیتروژن کاربردی از ۸۰ به ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار شاخص سطح برگ ذرت (*Zea mays* L.) به مقدار قابل توجهی افزایش یافت.

در این آزمایش همچنین صرف‌نظر از سطوح کود اوره اعمال شده در هر مرحله از نمونه‌برداری مشاهده شد که افزایش غلظت دود-آب شاخص سطح برگ را نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۲). در شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار، شاخص سطح برگ در محلول‌پاشی دود-آب با غلظت یک درصد نسبت به شاهد حدود ۹/۱۷ درصد بهبود یافت. این در حالی بود که در تیمار ۳۶۰ کیلوگرم اوره، مقایسه اثر محلول‌پاشی دود-آب با غلظت یک درصد نسبت به شاهد افزایش حدود ۶/۹ درصدی شاخص سطح برگ را نشان داد. این نتیجه بیانگر تأثیر بیشتر دود-آب در افزایش شاخص سطح برگ در شرایط کاربرد میزان پایین‌تر عنصر نیتروژن بود. همچنین نتایج نشان داد که در تیمارهایی با کود اوره مطلوب و دود-آب با غلظت‌های بالاتر، دوام و سبزمانی برگ‌ها افزایش یافت (شکل ۲). دوام بیشتر سطح برگ و فتوسنتز جاری برگ پرچم در اواخر دوره رشد و همزمان با پرشدن دانه‌ها ارتباط مستقیمی با عملکرد دانه دارد. کولکارنی و همکاران (Kulkarni *et al.*, 2007) مشاهده نمودند که دود-آب در غلظت ۱:۵۰۰ و کاریکینولید در غلظت ۷-۱۰ مولار موجب افزایش تعداد برگ و سطح برگ گیاهچه‌های بامیه و گوجه‌فرنگی شد. همچنین ماده مؤثره دود-آب موجب افزایش معنی‌داری در شاخص سطح برگ گیاه جاتروفا (*Jatropha curcas* L.) گردید (Abdelgadir *et al.*, 2013).

جذب تشعشع

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تغییرات روند جذب تشعشع در تمامی تیمارها از تغییرات شاخص سطح برگ تبعیت داشت (شکل ۳). به‌طوری‌که در مراحل اولیه، رشد آهسته برگ‌های جوان و باز بودن کانوپی که منجر به عدم پوشش کامل سطح زمین گردید باعث جذب تشعشع کمتر شد. سپس متناسب با افزایش شاخص سطح برگ و شدت تشعشع روزانه خورشید، تشعشع جذب شده در تمامی تیمارهای مورد بررسی به‌تدریج افزایش یافت و در حدود ۱۷۶ روز پس از کاشت به حداکثر میزان خود رسید. سپس به علت پیری و ریزش برگ‌ها، روند جذب تشعشع تا انتهای دوره رشد گندم روند نزولی در پیش گرفت (شکل ۳).



شکل ۲- اثر کاربرد کود اوره و دود-آب بر شاخص سطح برگ گندم. N0، N1، N2، N3 و N4 به‌ترتیب نشان‌دهنده ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳٦۰ کیلوگرم اوره در هکتار و SW0، SW1، SW2، SW3 و SW4 به‌ترتیب نشان‌دهنده غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ درصد است.

Figure 2- Effect of urea and smoke water application on Leaf Area Index of wheat. N0, N1, N2, N3 and N4 are showed 90, 180, 300 and 360 kg ha^{-1} of urea fertilizers, respectively andSW0, SW1, SW2, SW3 and SW4 are showed 0, 0.001, 0.01, 0.1 and 1% of smoke water concentration, respectively.

نتایج بررسی نشان داد که هم‌پوشانی نمودار میزان تشعشع جذب شده با نمودار تشعشع بالای کانوپی نسبت مستقیمی بـا مقـدار کـود اوره و غلظت دود-آب داشـت (شـکل ۳). بـه‌طـوری‌کـه واحـدهای آزمایشی متعلق بـه تیمارهـای ۳۶۰ کیلـوگرم کـود اوره در هکتـار و غلظت بالای دود-آب بیشترین هم‌پوشانی را داشتند. پس از گـذر از ماه‌هـای سـرد زمسـتان مقـدار تشعشـع روزانـه خورشـید در مزرعـه به‌تدریج افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی وجود سطح بـرگ بیشـتر باعث می‌شود گیاه به‌طور بهینه از نور استفاده کند. بنـابراین عـواملی

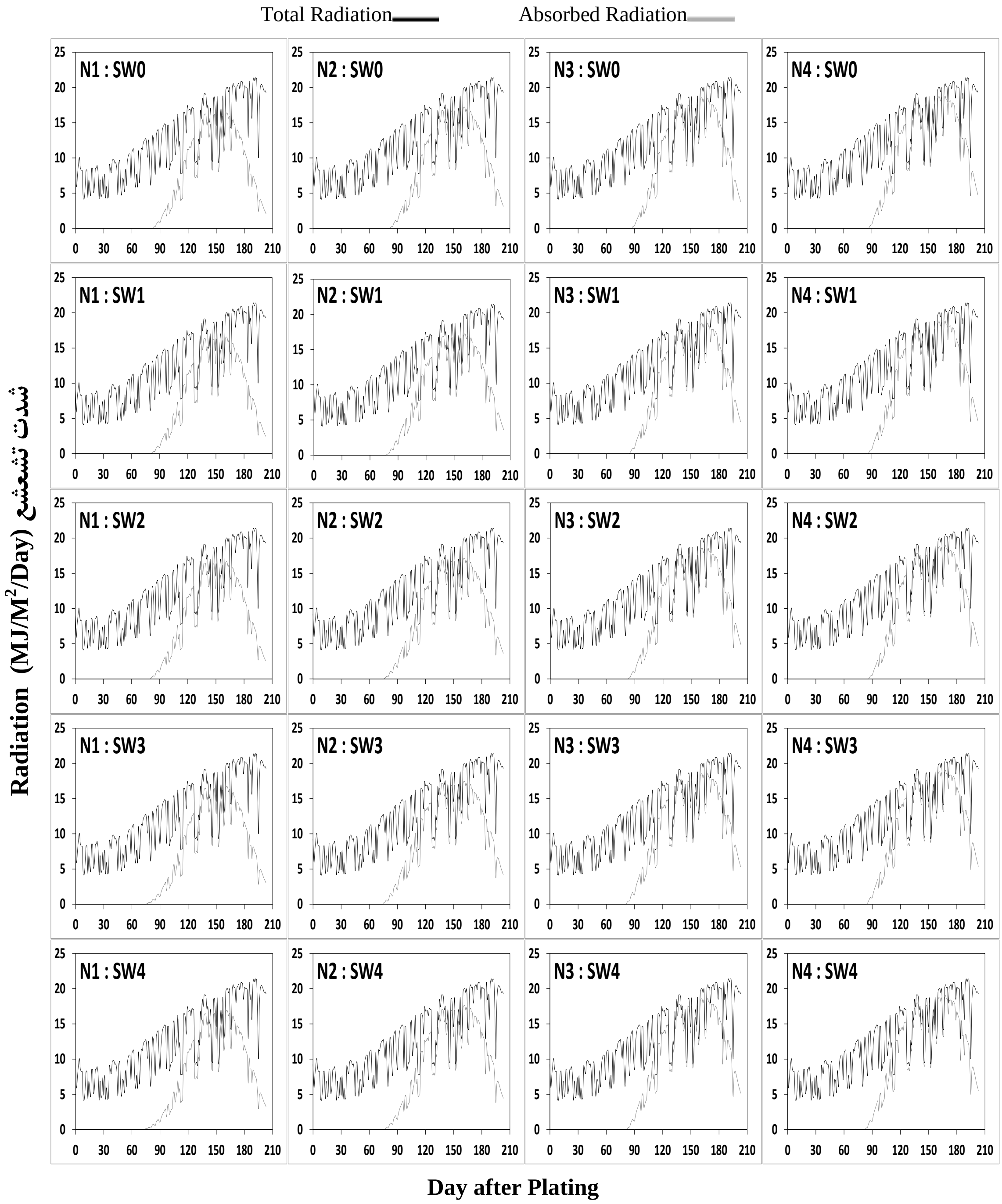
که موجب رسیدن به سطح برگ مطلوب در زمـان حـداکثر تشعشـع روزانه خورشید و بسته شدن کانوپی می‌شوند، در این زمان از اهمیت بالایی برخوردار هستند. علاوه بر این، مشخص شده است کـه دود-آب و کاریکینولید علاوه بر سطح برگ، مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل را در گیاه بهبود می‌بخشد که متعاقباً موجب افـزایش جذب تشعشع روزانـه خورشـید بـه‌وسـیله گیـاه و افـزایش پتانسـیل فتوسنتز و تولید مـی‌شـود (Abdelgadir *et al*., 2013; Jamil *et al*., 2014).

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که بیشترین جذب تشعشـع به میزان ۱۹/۰۲ مگاژول در متر مربع در روز به شرایط کـاربرد ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار و غلظت دود-آب یک درصد و کمترین آن به میزان ۱۶/۲۵ مگاژول در متر مربع در روز به تیمار ۹۰ کیلـوگرم اوره در هکتار و شاهد مربوط بود (شکل ۳). مقایسه میزان جذب تشعشـع در تیمارهای شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار نشان داد کـه با افزایش غلظت دود-آب میزان جذب تشعشع نیـز افـزایش یافـت، به‌طوری‌که در محلول‌پاشی دود-آب با غلظت یک درصد جذب نـور نسبت بـه شـاهد معـادل ۴ درصـد افـزایش یافـت. در حـالی‌کـه در تیمارهای شرایط کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار با افزایش سطح دود-آب از شاهد به غلظت یک درصد میزان جـذب تشعشـع حـدود ۲/۲ درصد بهبود یافت. این نتایج بیانگر ایـن موضـوع اسـت کـه در تیمار سطح پایین‌تر کود اوره محلول‌پاشی با غلظت یک درصد دود-آب در جذب تشعشع توسط کانوپی گندم اثر بیشتری داشته است و تا حـدودی جبـران‌کننـده کمبـود نیتـروژن در دسـترس گیـاه اسـت. Kullkarni *et al*. (2007) نیز دریافتند که محلول‌پاشی دود-آب بر روی برگ‌های گوجه‌فرنگی و بامیه موجب افـزایش معنـی‌دار تعـداد برگ، سطح برگ و وزن خشک کل در آن‌ها شده اسـت. نامبردگـان اظهار داشتند از آن‌جایی‌که برگ اندام جذب نور اسـت ایـن موضـوع می‌تواند بیانگر افزایش جذب نور در اثر محلول‌پاشی با دود-آب باشد.

وزن خشک کل

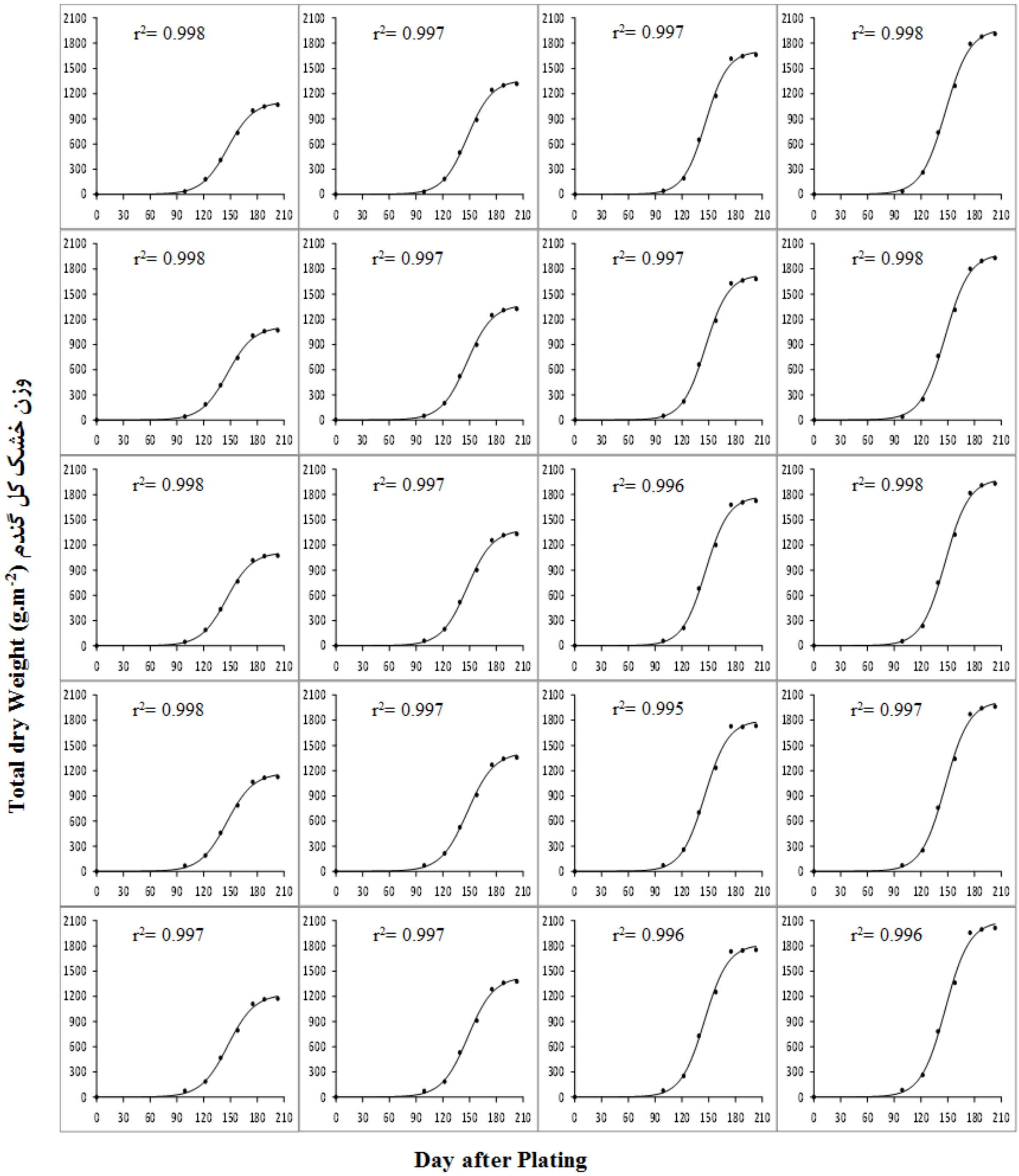
صرف‌نظر از نوع تیمارهای اعمال شده در این آزمایش، تغییـرات تجمع ماده خشک در گندم در طی فصل رشد دارای رونـد یکسـانی بود (شکل ۴). در ابتدای دوره رشد به دلیل کوچـک بـودن بوتـه‌هـا تفاوت چندانی بین تیمارهای اعمال شده از نظـر رونـد افـزایش وزن خشک کل مشاهده نشد. ولی از حدود ۱۰۵ روز پس از کاشت، تجمع ماده خشک کل وارد مرحله رشد خطی شده و به سـرعت شـروع بـه افزایش نمود و در حدود ۲۰۰ روز پس از کاشت بـه حـداکثر میـزان خود رسید و سپس روند تقریباً ثابتی را در پیش گرفت (شکل ۴).

نتایج تجزیه واریانس نیز نشان داد که اثر سـطوح مختلـف کـود اوره و غلظت‌های متفاوت دود-آب بر عملکرد وزن خشک کل گندم در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل آنها بر این صفت غیر معنی‌دار بود (جدول ۳). صرف‌نظر از تیمارهای محلول‌پاشی دود-آب، بیشترین عملکرد وزن خشک کل (۱۹۴۹/۳ گـرم بـر متـر مربـع) در شـرایط کـاربرد ۳۶۰ کیلـوگرم اوره در هکتـار و کمتـرین مقـدار آن (۱۱۰۰/۷ گرم بر متر مربع) در شـرایط کـاربرد ۹۰ کیلـوگرم اوره در هکتار مشاهده شد. به نظر می‌رسد با نزدیک شـدن میـزان مصـرف کود اوره به شرایط مطلوب، شاخص سطح برگ جهـت جـذب مـؤثر تشعشع افزایش یافت و فراهمی آسیمیلات‌هـا بیشـتر شـده و امکـان افزایش عملکرد وزن خشک کل گندم را فـراهم سـاخت. عـلاوه بـر این، محلول‌پاشـی گیـاه بـا غلظـت یـک درصـد دود-آب بیشـترین عملکرد وزن خشک کل (۱۵۷۹ گرم بر متر مربع) و محلول‌پاشی بـا آب مقطر به‌عنوان شاهد کمترین آن (۱۴۸۸ گـرم بـر متـر مربـع) را موجب شد (جدول ۴). به نظر می‌رسـد کـه کـاربرد دود-آب موجـب افزایش سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای و در نتیجه تحریک باز شدن روزنه‌ها، افزایش تبادلات گازی، فعالیـت‌هـای بیوشـیمیایی و تثبیـت کربن در گیاه می‌شود که مجموعه این عوامل متعاقباً مقدار فتوسـنتز و وزن خشک کل گیاه را بهبـود مـی‌بخشـد (Zhou *et al*., 2013). افزایش سرعت تعرق انتقال آب و شیره خام را در آوند چوبی افزایش می‌دهد. یکی از این مواد فیتوهورمون سایتوکینین است که تقسیمات سلول را در مخازن فعال گیاه افزایش می‌دهد. بنابراین قدرت مخزن و تقاضـا بـرای آسـیمیلات‌هـا افـزایش مـی‌یابـد (Ahmadi and Ehsanzadeh, 2007). همچنین مشخص شده اسـت کـه دود-آب موجب افزایش سطح سایتوکینین درون گیـاه مـی‌شـود (Aremu*et al*., 2016). اثر دود-آب بر افـزایش وزن خشـک کـل در مطالعـات دیگر نیز گزارش شده است، به گونه‌ای که می‌توان به افـزایش وزن خشک کل سورگوم (Khan *et al*., 2014)، گنـدم (Aslam *et al*., 2015) و برنج (Jamil *et al*., 2014) تیمار شـده بـا دود-آب اشـاره نمود.



شکل ۳- اثر کاربرد کود اوره و دود-آب بر جذب نور گندم. N0، N1، N2، N3 و N4 به‌ترتیب نشان‌دهنده ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار و SW0، SW1، SW2، SW3 و SW4 به‌ترتیب نشان‌دهنده غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ درصد است.

Figure 3- Effect of urea and smoke water application on radiation absorption of wheat. N0, N1, N2, N3 and N4 are showed 90, 180, 300 and 360 kg ha^{-1} of urea fertilizers, respectively andSW0, SW1, SW2, SW3 and SW4 are showed 0, 0.001, 0.01, 0.1 and 1% of smoke water concentration, respectively.



شکل ٤- اثر کاربرد کود اوره و دود-آب بر وزن خشک کل گندم. N0، N1، N2، N3 و N4 به‌ترتیب نشان‌دهنده ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ٣٦٠ کیلوگرم اوره در هکتار و SW0، SW1، SW2، SW3 و SW4 به‌ترتیب نشان‌دهنده غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ درصد است.

Figure 4- Effect of urea and smoke water application on total dry weight of wheat. N0, N1, N2, N3 and N4 are showed 90, 180, 300 and 360 kg ha^{-1} of urea fertilizers, respectively andSW0, SW1, SW2, SW3 and SW4 are showed 0, 0.001, 0.01, 0.1 and 1% of smoke water concentration, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات عملکرد وزن خشک کل، عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم

Table 3- Analysis of variance for total dry weight yield, grain yield and harvest index of wheat

منابع تغییر (Source of variation)	درجه آزادی (d.f)	میانگین مربعات (Mean of Squares)		
		عملکرد وزن خشک کل Total dry weight yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک (Block)	2	74499.31**	241229.18**	21.729**
نیتروژن Nitrogen (A)	3	21444172.66**	658497.63**	182.978**
خطای اصلی Main error	6	469.18	42.62	4427337
دود-آب Smoke-Water (B)	4	16153.45**	8081.49**	6.481**
A×B	12	594.11ns	59.56ns	0.617ns
خطا فرعی Sub error	32	469.18	42.62	0.442
کل Total	59	–	–	–
٪ ضریب تغییرات (CV)		14.2	10.06	15.87

*و** به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ۱درصد و ۵ درصد و ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد

*and** are significant at 1% and 5%, respectively and ns is non-significant differences

جدول ٤- اثر کاربرد کود اوره و دود-آب بر عملکرد وزن خشک کل، عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم

Table 4- Effect of urea fertilizer and smoke water application on total dry weight yield, grain yield and harvest index of wheat

تیمار Treatment	عملکرد وزن خشک کل Total dry weight yield (g m^{-2})	عملکرد دانه Grain yield (g m^{-2})	شاخص برداشت Harvest index (%)
کود اوره Urea Fertilizer (kg ha^{-1})			
90	1100.7	424.6	38.5
180	1340.3	526.6	39.3
300	1711.1	767.7	44.9
360	1949.3	877.6	0.45
(LSD 0.05)	20.37	17.21	3.21
دود آب Smoke Water (%)			
0	1488.4	622.9	41.1
0.001	1500.1	632.4	41.5
0.01	1514.8	0.642	41.8
0.1	1544.2	659.4	42.1
1	1579.3	688.9	43.1
(LSD 0.05)	18.01	5.43	0.55

کارایی مصرف تشعشع

کارایی مصرف تشعشع گندم تحت تأثیر سطوح مختلف کـود اوره و محلـول‌پاشـی بـا دود-آب قـرار گرفـت (شـکل ۵). صـرف‌نظـر از تیمارهای آزمایش تجمع ماده خشک ارتباطی خطی با میزان تشعشـع فعال فتوسنتزی تجمعی داشت و در تمامی مـوارد نیـز ضـریب تبیـین بیش از ۰/۹ بود (شکل ۵). با افزایش میزان کاربرد کـود اوره کـارایی مصرف تشعشع بهبود یافت. همچنین محلول‌پاشی بوته‌های گنـدم بـا دود-آب نیز منجر به افزایش کارایی مصرف تشعشع گردید. بیشـترین کارایی مصرف تشعشع (۱/۶۵ گرم بر مگاژول) در شرایط کـاربرد ۳۶۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار مشاهده گردید. اگرچـه محلـول‌پاشـی بـا دود-آب در غلظت‌های مختلف در شرایط کاربرد ۳۶۰ کیلـوگرم کـود اوره در هکتار منجر به روند مشخصی در بهبود کارایی مصرف تشعشع نشد، ولی نتایج بیانگر این موضوع است که وجود غلظتـی از دود-آب نسبت به تیمار شاهد موجب افزایش کارایی مصرف نـور گنـدم شـده است (شکل ۵). در شرایط کاربرد ۳۶۰ کیلـوگرم کـود اوره در هکتـار محلول‌پاشی با دود-آب با غلظت یک درصد نسـبت بـه تیمـار شـاهد موجب افزایش کارایی مصرف تشعشع معادل ۱/۹۲ درصد شد. کارایی مصرف تشعشع به‌طور عمده توسط عوامل ژنتیکی کنترل می‌شود، اما عوامل محیطی و عملیـات مـدیریتی بـه‌ویـژه میـزان نیتـروژن قابـل دسترس گیاه در خاک نیز بر این ویژگی اثر دارند. نیتروژن یک عامـل مهم در استقرار کانوپی گیاهی و در نتیجه جذب نور به‌وسـیله جامعـه گیاهی است و تأمین نیتـروژن بـه میـزان مناسـب در بهبـود کـارایی

مصرف تشعشع اهمیت اساسی دارد، زیرا گیاهی که تحت تنش کمبود نیتروژن قرار دارد به اندازه گیاهی که تحت تنش قرار ندارد نور در اختیار دارد اما فتوسنتز در گیاه تحت تنش به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر است، در این حالت تیمار شاهد (بدون تنش) کارایی بیشتری در استفاده از نور دارد توماس و ترون (Thomas and Thorne, 1975). کریمیان و همکاران (Karimian *et al.*, 2009) گزارش کردند که افزایش کاربرد نیتروژن به شدت باعث بهبود کارایی مصرف تشعشع کلزا شد. عامری و نصیری محلاتی (Ameri and Nasiri Mahalati, 2008) اظهار داشتند افزایش مصرف نیتروژن موجب افزایش کارایی مصرف نور گیاه همیشه بهار شد. در مطالعه دیگری یزدانی بیوکی و همکاران (Yazdani Biouki *et al.*, 2014) بیان کردند که کاربرد کود اوره و همچنین کودهای آلی موجب افزایش کارایی مصرف نور در گیاه مرزنجوش وحشی گردید.

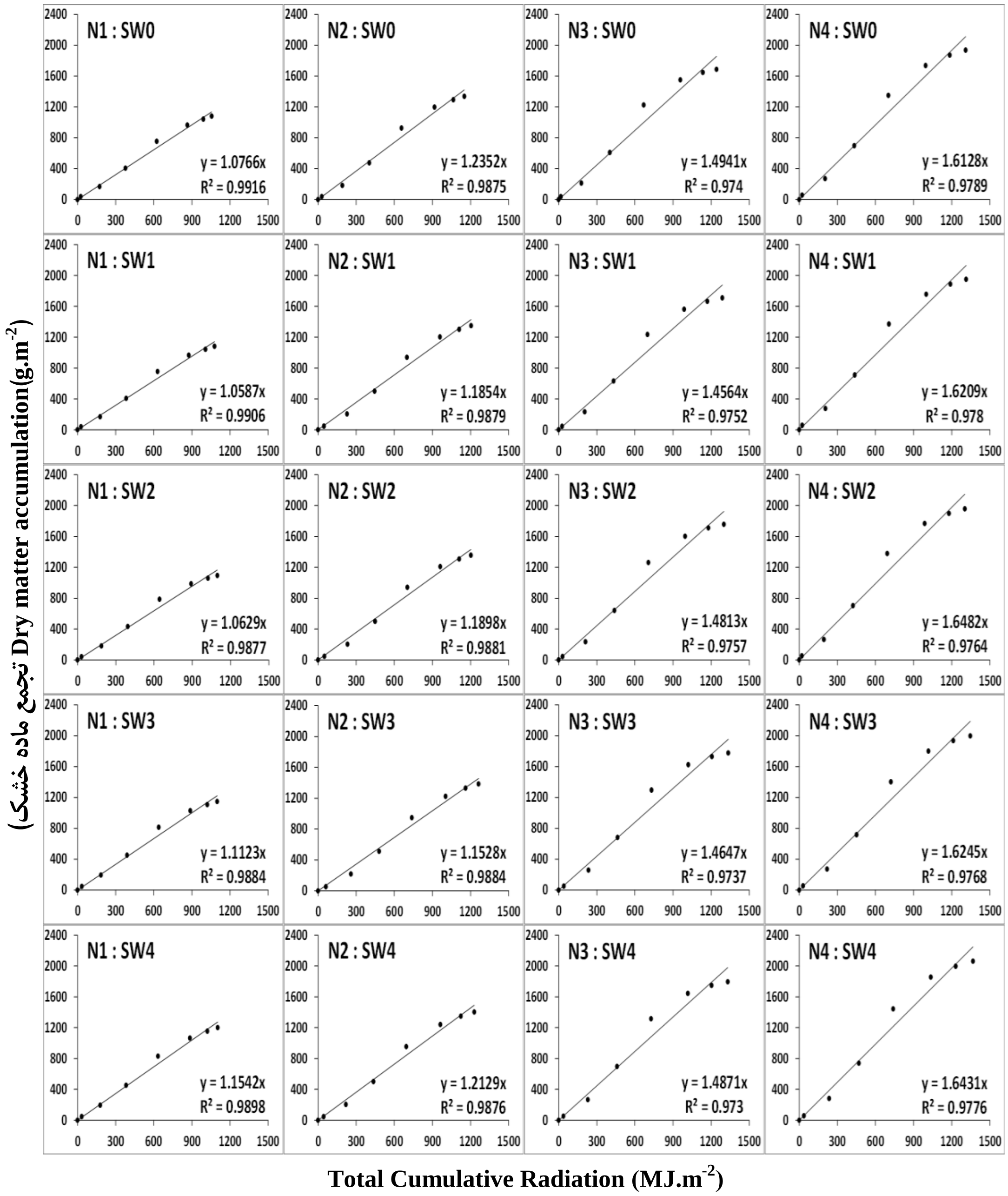
کمترین مقدار کارایی مصرف تشعشع (۱/۰۶ گرم بر مگاژول) مربوط به شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بود. تحت چنین شرایطی مشاهده شد که غلظت بالای دود-آب (یک درصد) در مقایسه با شرایط عدم کاربرد دود-آب موجب افزایش کارایی مصرف تشعشع معادل ۷/۲۴ درصد گردید (شکل ۴). این در حالی‌است که در شرایط مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیترژن، کاربرد غلظت یک درصد دود- آب تنها موجب افزایش کارایی مصرف نور به مقدار یک درصد شده است. مقایسه نقش محلول‌پاشی با دود-آب در افزایش کارایی مصرف تشعشع در سطوح مختلف کاربرد کود اوره نشان داد که در سطوح کودی پایین‌تر اثر دود-آب بر بهبود کارایی مصرف تشعشع گندم بیشتر است. بنابراین با توجه به این نتایج می‌توان نتیجه گرفت که دود-آب در زمانی که سطح مطلوب نیتروژن در دسترس گیاه نیست می‌تواند مقداری از این کمبود را جبران نماید. به نظر می‌رسد که دود-آب و کاریکینولید ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی از طریق بهبود تبادلات گازی، فعالیت‌های بیوشیمیایی به‌ویژه فیتوهورمون‌ها و تثبیت کربن در گیاه (Aremu *et al.*, 2016)، منجر به افزایش فتوسنتز خالص و وزن خشک کل گیاه شد که در نهایت منجر به تولید ماده خشک بیشتر به ازای هر واحد تشعشع جذب شده گردید و از این طریق باعث بهبود کارایی مصرف تشعشع گندم شد. یکی از پیش شرط‌های لازم برای دستیابی به عملکرد بالا تأمین شرایط مطلوب برای استفاده از تشعشع با هدف تولید مواد فتوسنتزی با حداکثر کارایی آن است. مفهوم کارایی مصرف تشعشع در تجزیه و تحلیل رشد گیاه کاربرد وسیعی دارد (Kemanian *et al.*, 2004). به‌طور کلی عوامل مختلف محیطی و مدیریتی مانند حاصلخیزی خاک که بر میزان جذب تشعشع توسط گیاه مؤثر باشد بر کارایی مصرف تشعشع نیز اثرگذار است (Rosati *et al.*, 2004). از آنجا که نور قابل ذخیره نبوده و یکی از عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی است، بنابراین هر عاملی که منجر به افزایش توانایی گیاه در استفاده حداکثر از نور شود در بهبود تولیدات زراعی اهمیت زیادی دارد (Ameri and Nasiri Mahalati, 2008).

عملکرد دانه

تجزیه آماری داده‌های آزمایش نشان داد اثر کاربرد سطوح مختلف کود اوره و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف دود-آب به‌طور معنی‌داری ($p≤۰/۰۱$) عملکرد دانه گندم را تحت تأثیر قرارداد (جدول ۳). اما بر هم‌کنش بین کود اوره و دود-آب بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار عملکرد دانه در شرایط کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار معادل ۸۷۷ گرم در متر مربع و کمترین آن معادل ۴۲۴ گرم در متر مربع در شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به‌دست آمد (جدول ۴). در این آزمایش بخش دوم کود اوره در نیمه اول اسفند ماه قبل از آغاز رشد سریع گیاه که تعداد نهایی پنجه‌ها و همچنین سنبله در مریستم انتهایی[1] شکل می‌گیرد به واحدهای آزمایشی اضافه شد. تعداد پنجه‌ها یکی از عوامل مؤثر در رسیدن به تراکم مناسب، بسته شدن کانوپی، جذب بهینه تشعشع، افزایش فتوسنتز و تولید ماده خشک است (Gardner *et al.*, 1993). بخش سوم کود اوره نیز هم-زمان با شروع طویل شدن ساقه، افزایش شدید در تقاضای مواد پرورده و عناصر غذایی در میان گره‌های رویشی و اتمام طول دوره پنجه‌دهی به واحدهای آزمایشی اضافه گردید.

پس از این زمان علاوه بر رشد فعال ساقه و سنبله، آغازش سنبلچه در مریستم انتهایی اتفاق می‌افتد. این بخش از کود نیتروژن فراهمی بیشتر آسیمیلات‌ها را جهت افزایش تعداد گلچه موجب می‌شود و پتانسیل تعداد دانه در واحد سطح را شکل می‌دهد (Gardner *et al.*, 1993). در میان اجزای عملکرد دانه، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله بیشترین نقش را در افزایش عملکرد گندم دارد (Blandino *et al.*, 2009). با ورود گیاه به مرحله تورم غلاف[2] برگ پرچم دیگر تعداد گلچه افزایش نمی‌یابد (Satorre and Slafer, 1999). از مرحله تورم غلاف تا سنبله رفتن بسیاری از گلچه‌های آغازش شده به دلیل رقابت برای آسیمیلات‌ها حذف می‌شوند و تنها تعدادی از پریموردیای گلچه به گلچه‌های بارور در مرحله گل شکفتگی تبدیل می‌شوند. کود نیتروژن در مقادیر مطلوب موجب دسترسی بیشتر به آسیمیلات‌ها و کاهش مرگ گلچه‌ها می‌شود (Satorre and Slafer, 1999).

1- Apex
2- Booting



شکل ۵- اثر کاربرد کود اوره و دود-آب بر کارایی مصرف نور گندم. N0، N1، N2، N3 و N4 به‌ترتیب نشان‌دهنده ۹۰، ۱۸۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار و SW0، SW1، SW2، SW3 و SW4 به‌ترتیب نشان‌دهنده غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ درصد است.

Figure 5- Effect of urea and smoke water application on radiation use efficiency of wheat. N0, N1, N2, N3 and N4 are showed 90, 180, 300 and 360 kg ha^{-1} of urea fertilizers, respectively andSW0, SW1, SW2, SW3 and SW4 are showed 0, 0.001, 0.01, 0.1 and 1% of smoke water concentration, respectively.

کـاظمینی و همکـاران (Kazemeini *et al.*, 2008) گـزارش کردند افزایش سطح کود نیتروژن کاربردی باعث افزایش تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در بوته و عملکرد دانه گندم شد.

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که در محلول‌پاشی بوته‌های گندم با دود-آب غلظت یک درصد بیشترین عملکرد دانـه (۶۸۸ گـرم در متر مربع) به‌دست آمد و محلول‌پاشی با آب مقطر بـه‌عنـوان تیمـار

شاهد کمترین مقدار عملکرد دانه را (۶۲۲ گرم در متر مربع) موجب شد (جدول ۴). Light *et al*. (2007) دریافتند که دود-آب در غلظت ۱:۵۰۰ (v/v) موجب افزایش گلدهی از ۲۰ تا ۹۰ درصد در گیاه *Watsonia borbonica* شد. بنابراین ممکن است دود-آب دارای پتانسیل تحریک گلدهی یا بقای گلچه‌ها در گیاهان زراعی نیز باشد. به نظر می‌رسد افزایش عملکرد دانه ناشی از کاهش درصد مرگ گلچه‌ها به‌واسطه کاربرد دود-آب در مرحله گلدهی باشد. همان‌طور که بیان شد سایتوکینین نقش مهمی در تقسیم سلولی ایفا می‌کند و احتمالاً افزایش بیشتر عملکرد دانه در سطوح مختلف کود نیتروژن که با دود-آب محلول‌پاشی شده بود، می‌تواند ناشی از فعالیت شبه‌سایتوکینینی و به‌طور جامع‌تر فعالیت شبه فیتوهورمونی مواد مؤثره موجود در دود-آب باشد. به عبارت دیگر به نظر می‌رسد که دود-آب موجب ایجاد مخزنی قوی‌تر در گندم شده است که همزمان با آن سطوح مطلوب کود نیتروژن، فراهمی مواد جهت پر کردن دانه‌ها را تأمین نموده است. Moosavi *et al*. (2014) نیز بیان داشتند که کاربرد عصاره دود-آب به‌طور معنی‌داری منجر به بهبود طول ساقه، طول برگ پرچم، طول ریشک، تعداد سنبلچه در سنبله گندم شد. نامبردگان اظهار داشتند کاربرد عصاره دود-آب می‌تواند به‌عنوان یک عامل تحریک‌کننده مثبت در افزایش صفات مطلوب زراعی و درنتیجه به‌عنوان عاملی برای افزایش عملکرد محسوب گردد.

شاخص برداشت

نتایج این بررسی نشان داد که شاخص برداشت گندم به‌طور معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) تحت تأثیر کاربرد کود اوره و محلول‌پاشی با دود-آب قرار گرفت ولی برهمکنش این دو عامل بر این صفت غیر معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت (۴۵ درصد) در شرایط کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با سطح ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار نداشت (جدول ۴). همچنین کمترین مقدار شاخص برداشت (۳۸/۵ درصد) در شرایط کاربرد ۹۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با شرایط کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار نداشت (جدول ۴). همچنین شاخص برداشت در محلول‌پاشی با غلظت یک درصد دود-آب برابر ۴۳ درصد بود که نسبت به غلظت‌های کمتر و شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند، اما از لحاظ آماری بین سایر سطوح غلظت محلول‌پاشی با دود-آب اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

موسوی و همکاران (Moosavi *et al*., 2014) نشان دادند که عصاره آبی دود باعث افزایش شاخص برداشت گندم شد. کولکارنی و همکاران (Kulkarni *et al*., 2007) نیز بیان داشتند شاخص برداشت در گیاه گوجه‌فرنگی که دو بار در هفته با دود-آب (v/v ۱:۵۰۰) محلول‌پاشی شده بودند به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که بیشتر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده گندم با افزایش مقدار کود نیتروژن و غلظت دود-آب بهبود یافت. صرف‌نظر از سطوح کود نیتروژن، محلول‌پاشی گندم با دود-آب افزایش شاخص سطح برگ، جذب تشعشع، وزن خشک کل، کارایی مصرف تشعشع، عملکرد دانه و شاخص برداشت را در پی داشت. کاربرد نیتروژن عملکرد گندم را از طریق افزایش شاخص سطح برگ، جذب تشعشع و کارایی مصرف تشعشع تحت تأثیر قرار داد. تأثیر دود-آب در شرایط کاربرد مقادیر پایین‌تر نیتروژن بیشتر بود، به‌طوری‌که در شرایط استفاده از ۹۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار مشاهده شد که غلظت بالای دود-آب (یک درصد) در مقایسه با شرایط عدم کاربرد دود-آب موجب افزایش کارایی مصرف تشعشع معادل ۷/۲۴ درصد گردید. این در حالی‌است که در شرایط مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیترژن، کاربرد غلظت یک درصد دود- آب تنها موجب افزایش کارایی مصرف نور به مقدار یک درصد شده است. بنابراین، می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که در صورت تأیید نتایج این تحقیق در آزمایشات دیگر، از دود-آب به‌عنوان یک ترکیب زیستی بتوان بخشی از نیازهای گیاه به مصرف کود نیتروژن را تأمین کرد که خود باعث کاهش مصرف این عنصر در مزارع و در نتیجه کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی آن می‌گردد. به‌طور کلی در این پژوهش اثرات مثبتی از دود-آب در بهبود ویژگی‌های بوم‌شناختی فیزیولوژیک گندم در شرایط کاربرد مقادیر مختلف کود نیتروژن مشاهده شد. لذا پژوهش‌های آتی با کاربرد سایر غلظت‌های دود-آب، محلول‌پاشی در مراحل نموی دیگر گندم و همچنین مطالعه اثر این ترکیب به همراه سایر عوامل مؤثر بر عملکرد گیاه، می‌تواند منجر به جایگزینی دود-آب به‌عنوان یک ترکیب زیستی به جای بخشی از نیاز گیاه به نهاده‌های سنتزی شود.

References

1. Abdelgadir, H. A., Kulkarni, M. J., Aremu, A. O., and Van Staden, J. 2013. Smok-water and karrikinolide (KAR1) foliar applications promote seedling growth and photosynthetic pigments of the biofuel seed crop *Jatropha curcas* L. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 176: 743-747.
2. Agriculture statistics of Iran, 2017. http://amar.maj.ir.

3. Ahmadi, A., Ehsanzadeh, P., and Jabbary, F. 2007. Introduction to plant physiology. University of Tehran Press. Tehran.
4. Ameri, A., and Nasiri Mahalati, M. 2008. Effects of nitrogen application and plant densities on flower yield, essential oils, and radiation use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis* L.). Pajouhesh and Sazandegi 88.133-144. (in Persian with English abstract).
5. Aremu, O., Plackova, L., Novak, O., Strik, W. A., Dolezal, K., and Van Staden, J. 2016. Cytokinin profiles in ex vitro acclimatized Eucomis autumnalis plants pre-treated with smoke-derived karrikinolide. Plant Cell Reports 35: 227-238.
6. Aslam, M. M., Jamil, M., Khatoon, A., El-Hendawy, S. E., Al-Suhaibani, N. A., Shakir, S. K., Malook, I., and Rehman, S. 2015. Does weeds-derived smoke improve plant growth of wheat? Journal of Bio-Molecular Sciences 3 (2): 86-96.
7. Banayan, M. 2002. Development and application of simulation models in agriculture. Ferdowsi University of Mashhah Press. Mashhad.
8. Blandino, M., Pilati, A., and Reyneri, A. 2009. Effect of foliar treatments to durum wheat on flag leaf senescence, grain yield, quality and deoxynivalenol contamination in North Italy, Field Crop Research 114: 214-222.
9. Chumpookam, J., Lin, H. L., Shiesh, C. C., and Ku, K. L. 2012. Effect of smoke-water on seed germination and resistance to Rhizoctonia solani inciting Papaya damping-off. Hoticulture NCHU 34 (1): 13-29.
10. Flematti, G. R., Ghisalberti, E. L., Dixon, K. W., and Trengove, R. D. 2004. A compound from smoke that promotes seed germination. Science 305: 977-977.
11. Gardner, M. J., Dalling, K. J., Light, M. E., Jager, A. K., and Van Staden, J. 2001. Does smoke substitute for red light in the germination of light-sensitive lettuce seeds by affecting gibberellin metabolism? South African Journal of Botany 67: 636-640.
12. Gastal, F., and Lemaire, G. 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. Journal of Experimental Botany 53: 789-799.
13. Goudriaan, J., and Van Laar, H. H. 1993. Modelling potential crop growth processes. Kluwer Academic Press.
14. Hassegawa, R. H., Fonseca, H., Fancelli, A. L., da Silva, V. N., Schammass, E. A., Reis, T. A., and Correa, B. 2008. Influence of macro-and micronutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. Food Control 19: 36-43.
15. Jaggard, K., and Clark, C. 2000. Growth of sugar beet crops in 1999. British Sugar Beet. A Review. Crop Science 68 (1): 6-11.
16. Jain, N., Stirk, W. A., and Van Staden, J. 2008. Cytokinin-and auxin-like activity of a butenolide isolated from plant-derived smoke. South African Journal of Botany 74: 327-331.
17. Jamil, M., Kanwal, M., Aslam, M. M., Kahn, S. U., Malook, I., Tu, J., and Rehman, S. U. 2014. Effect of plant-derived smoke priming on physiological and biochemical characteristics of rice under salt stress condition. Australian Journal of Crop Science 8 (2): 159-170.
18. Kahn, P., Rehman, S., Jamil, M., Irfan, S., Waheed, M. A., Aslam, M. M., Kanwal, M., and Shakir, S. K. 2014. Alleviation of Boron stress through plant derived smoke extracts in *Sorghum bicolor*. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 10 (3): 153-165.
19. Karimian, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Influence of nitrogen and plant density on light absorption and radiation use efficiency in two spring rapeseed cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research 7 (1): 163-172. (in Persian with English abstract).
20. Kazemeini, S. A., Ghadiri, H., Karimian, N., Kamgar Haghighi, A. A., and Kheradmand, M. 2008. Interaction Effects of nitrogen and organic matters on growth and yield of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Water and Soil Science 12 (45b): 461-472. (in Persian with English abstract).
21. Kemanian, A. R., Stockle, C. O., and Huggins, D. R. 2004. Variability of barley radiation use efficiency. Crop Science Society of America 44: 1662-1672.
22. Koocheki, A., Khorramdel, S., Fallahpour, F., and Melati, F. 2013. Evaluation of Radiation Absorbtion and Use Efficiency in Row Intercropping of Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Canola (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 11 (4): 533-542. (in Persian).
23. Kulkarni, M. G., Ascough, G. D., and Van Staden, J. 2007. Effects of foliar applications of smoke-water and a smoke-isolated butenolide on seedling growth of okra and tomato. Horticultural Science 42 (1): 179-182.
24. Kulkarni, M. G., Ascough, G. D., and Van Staden, J. 2008. Smoke-water and a smoke-isolated butenolide improve growth and yield of tomatoes under greenhouse conditions. Horticultural Technology 18 (3): 449-454.
25. Kulkarni, M. G., Light, M. E., and Van Staden, J. 2011. Plant-derived smoke: Old technology with possibilities for economic applications in agriculture and horticulture. South African Journal of Botany 77: 972- 979.
26. Kulkarni, M. G., Sparg, S. G., and Van Staden, J. 2007. Germination and postgermination response of Acacia seeds to smoke-water and butenolide, a smoke-derived compound. Journal of Arid Environments 69: 177-187.
27. Kulkarni, M. G., Sparg, S. G., Light, M. E. and Van Staden, J., 2006. Stimulation of rice (*Oryza sativa* L.) seedling vigour by smoke-water and butenolide. Journal of Agronomy and Crop Science 192: 395-398.

28. Lawlar, D. W. 1995. Photosynthesis, productivity and environment. Journal of Experimental Botany 46: 1449-1461.
29. Lemone, J. 2007. Nitrogen management for wheat protein and yield in the sperance port zone. Department of Agriculture and Food, Western Australia, Perth. Bulletin 4707. 30 pp.
30. Light, M. E., Daws, M. I., and Van Staden, J. 2009. Smoke-derived butenolide: Towards understanding its biological effects. South African Journal of Botany 75: 1-7.
31. Light, M. E., Kulkarni, M. G., Ascough, G. D., and Van Staden, J. 2007. Improved flowering of a South African Watsonia with smoke treatment. South African Journal of Botany 73 (2): 298-298.
32. Lloyd, M. V., Dixon, K. W., and Sivastithamparam, K. 2000. Comparative effects of different smoke treatments on germination of Australian native plants. Australian Austral Ecology 25: 610- 615.
33. Moosavi, S. S., Abdollahi, M. R., Mazahery Laghb, B., and Mehrshad, B. 2014. Effect of plant-derived smoke extrat on some under-ground and above-ground traits of winter wheat. Iranian Journal of the Plant Production 37 (1): 81-92. (in Persian).
34. Mosseddeq, F., and Smith, D. M. 1994. Timing of nitrogen application to enhance spring wheat yield in Mediterranean climate. Agronomy Journal 86: 221-226.
35. Nassiri-Mahallati, M., Koocheki, A., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S., 2015. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production 106: 343-350.
36. Pathak, H., Li, C., Wassmann, R., and Ladha, J. K. 2006. Simulation of nitrogen balance in rice-wheat systems of the indo-gangetic plains. Soil Science Society of America Journal 70: 1612-1622.
37. Patric, B., and Smith, D. L. 1993. Accumulation and redistribution of dry matter and nitrogen by spring barley. Agronomy Journal 85: 1114-1121.
38. Rosati, A., Metcalf, S. G., and Lampinen, B. D. 2004. A simple method to estimate photosynthetic radiation use efficiency of canopies. Annals of Botany 93: 567-574.
39. Satorre, E. H., and Slafer, G. A. 1999. Wheat, ecology and physiology of yield determination. Food Product Press, New York, P: 503.
40. Taregholeslami, M., Zarghami, R., Mashhadi, M., and Oweisi, M. 2012. Effect of nitrogen fertilizer and water deficit stress on physiological indices of corn (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 8 (1): 161-174. (in Persian).
41. Thomas, S. M., and Thorne, J. N. 1975. Effect of nitrogen fertilizer on photosynthesis and ribulose 1, 5-diphosphate carboxylase activity in spring wheat in the field. Journal of Experimental Botany 26: 43-51.
42. Thomas, T. H., and Van Staden, J. 1995. Dormancy break of celery (*Apium graveolens* L.) seeds by plant derived smoke extract. Plant Growth Regulation 17: 195-198.
43. Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H. O. 2005. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semi-arid regions I. Model development. Field Crop Research 93: 10-22.
44. Van Staden, J., Jager, A. K., Light, M. E., and Burger, B. V. 2004. Isolation of the major germination cue from plant-derived smoke. South African Journal of Botany 70 (4): 654-659.
45. Yazdani Biouki, R., Bannayan Avval, M., Khazaei, H. R., and Sodaeizadeh, H. 2014. Investigating the yield and radiation use efficiency of Wild majoram (*Origanum vulgare* subsp. virid) in response to urea and azocompost fertilizers. Journal of Crop Production 7 (4): 103-122. (in Persian with English abstract).
46. Zhou, J., Fang, L., Wang, X., Guo, L., and Huang, L. 2013. Effects of smoke-water on photosynthetic characteristics of *Isatis indigotica* seedlings. Sustainable Agriculture Research 2 (2): 24-28.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 459-475

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۴۷۵-۴۵۹

Evaluating the Effect of Smoke-water and Nitrogen Fertilizer on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Ecophysiological Traits

F. Noroozi Shahri[1]- B. Gholami[2]- S. Jalali Honarmand[3*]- F. Mondani[4]- M. Saeedi[3]

Received: 31-07-2017
Accepted: 25-11-2017

Introduction: Fire and smoke have been used in traditional agricultural systems for centuries. In recent years, biologically active compounds have been isolated from smoke with potential uses in agriculture and horticulture. It has been reported that smoke plays an important role in many aspects of plant biology such as seed germination, plant growth and flowering. Smoke contains several thousand compounds such as phenolic compounds, alcohols, lactones, aldehydes, acid, ketones, alkaloid and hydroxybenzenes. A biologically active butenolide (3-methyle-2H-furo [2,3-c]pyran-2-one=KAR1) was isolated from plant-derived smoke. This bioactive compound displays activity in a variety of species concentration as one-part-per-billion. The role of smoke-isolated compound KAR1 in promoting seedling growth has been reported in many plant species. Also smoke-derived butenolide has both cytokininandauxin-like activities when applied at low concentrations. Although most research has focused on smoke as a germination cue for the release of seed dormancy, there is increasing evidence that smoke also has post-germination effects. Moreover, the smoke-water solution is acidic and contains substantial of plant nutrients such as high level of NH_4^+, an important source of nitrogen for plant growth. Nitrogen is an essential element for growth and development of plants, especially wheat that it is the most important and strategic cereal crop in world commerce. The objectives of the present study were (1) to evaluate the effect of urea fertilizer and smoke-water on some eco-physiological traits of wheat, (2) to characterize and identify the interaction between smoke-water and usage of different fertilizer levels on crops traits.

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of smoke-water and nitrogen fertilizer on wheat (*Triticum aestivum* L. var. Pishtaz) ecophysiological traits, a field experiment was conducted as a split plot based on complete randomized block design with three replications. This experiment was conducted in research farm of Agricultural Faculty of Razi University during 2015 to 2016. In this study application of nitrogen fertilizer in four levels (included 90, 180, 300 and 360 $kg.ha^{-1}$) were assigned to the main plots and five smoke-water concentrations (included 0, 0.001%, 0.01%, 0.1% and 1% v/v) were assigned to the sub plots. Smoke-water is one of the most convenient means of application and its biologically active compounds are readily dissolved in water. The smoke produced by combusting variety of dry plant materials in a controlled system and bubbling it through water to produce smoke-saturated water. Smoke-water for foliar-application treatment was prepared by diluting this stock solution with distilled water to obtain four concentrations. Foliar treatment consisted of spraying wheat plants at three times (from before anthesis stage to final milk stage) with smoke-water concentrations. The control plots were sprayed with distilled water. Before spraying, one drop of Tween 20 as a surfactant was added to 250 mL test solution, including control.

Results and Discussion: Results indicated that leaf area index, light absorption, total dry weight yield, radiation use efficiency, grain yield and harvest index of wheat increased in high levels of nitrogen fertilizer treatments in comparison with low levels. Most of these traits significantly affected by increasing of smoke-water concentration compared to control treatment. In this study applying high level of smoke-water foliar raised leaf area index, light absorption, total dry weight yield and radiation use efficiency of wheat and eventually

1- Ph.D. Student of Crops Physiology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran
2- MSc. Student of Agroecology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran
3- Associate Professor in Crops Physiology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran
4- Assistant Professor in Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran
(*- Corresponding Author Email: Sjhonarmand@yahoo.com)

influenced grain yield. So that the highest radiation use efficiency (1.65 g.MJ^{-1}) was obtained from usage of 350 kg.ha^{-1} urea fertilizer and smoke-water at concentration of 1% v/v. also the highest grain yield (922 g.m^{-2}) was obtained from usage of 350 kg.ha^{-1} urea fertilizer and smoke-water at concentration of 1% v/v and lowest grain yield (339 g.m^{-2}) was recorded for application 90 kg.ha^{-1} urea fertilizer and foliar with distilled water.

Conclusions: Considering all the results presented, it can be concluded that application smoke-water led to increase wheat grain yield. Our results showed that smoke-water as an organic compound improved all wheat traits in all levels of urea fertilizer. Although, smock-water had more effect in low nitrogen fertilizer level compared to high nitrogen fertilizer level. Therefore, it seems that using of smoke-water in the wheat farm may be lead to decrease the excess use of nitrogen fertilizers.

Keywords: Leaf area index, Radiation absorption, Radiation use efficiency, Total dry weight yield Urea and Wheat grain yield